Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der
Universität Würzburg

Vorstand: Professor Dr. med. H. S c h u e r m a n n

Über die Bedeutung des Qualitätsbegriffes der Röntgenstrahlen bei medizinischer Anwendung.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfasst und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Johann K e l n a r
aus Neu-Titschein

Würzburg 1955

Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der
Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. H. S c h u e r m a n n

Über die Bedeutung des Qualitätsbegriffes der Röntgenstrahlen bei medizinischer Anwendung.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfasst und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Johann K e l n a r
aus Neu-Titschein

Würzburg 1955

Tag der mündl. Prüfung:
3. Aug. 1955

Referent: Privatdozent Dr. med. G. BONSE

Korreferent: Professor Dr. med. H. SCHUERMANN

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

In tiefer Dankbarkeit
meinen lieben Eltern gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543521_0149

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A.	Allgemeiner Teil, Problematik	1
B.	Meßmethoden	2
C.	Strahlenqualität und biologische Wirkung	7
D.	Tiefenwirkung der Röntgenstrahlen unter Berücksichtigung der Strahlenqualität	11
E.	Folgerungen für die Praxis	12
F.	Zusammenfassung	13
G.	Literaturverzeichnis	15

A. Allgemeiner Teil, Problematik.

Die Strahlenheilkunde, speziell mit ionisierenden Strahlen, spielt heute bei der Bekämpfung bösartiger Geschwülste eine nicht mehr zu unterschätzende Rolle. So darf in diesem Zusammenhang daran erinnert werden, dass zum Beispiel von 305 entsprechenden Kranken, die im Krankenhaus St. Georg Hamburg nach 5 Jahren symptomfrei waren (Krankengut 1935/36) 62,5 % durch ausschliessliche Strahlenbehandlung geheilt wurden (Holthusen).

Diese Entwicklung wird nicht zuletzt dadurch verständlich, dass die ionisierenden Strahlungen, wie jedes andere "Arzneimittel" auch, dosierbar wurden, dies einerseits in quantitativer Hinsicht und andererseits auch qualitativ.

Auf die quantitative Dosismessung soll hier nicht näher eingegangen werden, obwohl sich in dieser Hinsicht in letzter Zeit eine Fülle von neuen Gesichtspunkten ergeben haben. Es brauchen in diesem Zusammenhang nur die Bestrebungen, eingestrahlte Energiebeträge in absoluten Energieeinheiten (Erg/Gramm Körpergewebe) zu messen, genannt werden.

Der Begriff Strahlenqualität ist bei historischer Betrachtung viel schwerer zu umreißen. So wurde die Strahlenqualität als Maß für die Strahlenhärte, Penetrationsfähigkeit und auch für die Tiefenwirkung definiert. Diese Auffassungen sind Arbeiten von G l a s e r sowie L o r e n z und R a j e w s k y zu entnehmen.

So erörtert G l a s e r die Unzweckmässigkeit der Qualifizierung einer Röntgenstrahlung mittels Abschwächungskoeffizienten und empfiehlt die Qualifizierung mittels der prozentualen Tiefendosis.

L o r e n z und R a j e w s k y nehmen dazu ausführlich Stellung. Sie verlangen von einer rationellen Qualifizierungsmethode, dass sie einen Faktor herstellt, demzufolge vier aus-

gesprochene Einflüsse der Qualität eindeutig zugeordnet sind:

1. Die Durchdringungsfähigkeit der Strahlung und die Qualität der aufgenommenen Energie;
2. Die biologische Wirkung (falls eine Abhängigkeit von der Wellenlänge existiert);
3. Die Intensitätsverteilung im durchstrahlten Körper;
4. Die Möglichkeit der qualitativen Homogenität der Bestrahlung;

Auch W i n t z (zit. nach R u m p) schlug übrigens als Maß für die Strahlenhärte die prozentuale Tiefendosis vor. Dieser Dosiswert ist jedoch von einer Reihe von anderen Faktoren abhängig. R u m p weist mit Recht darauf hin, dass durch diese Definition zahlreiche unterschiedliche Angaben in der Literatur erfolgt sind.

Die Strahlenqualität soll jedoch nun eine reproduzierbare Angabe über die "Strahlenhärte" beziehungsweise Energiereichtum sein. Sie ist daher abhängig von der Röhrenspannung und der Filterung.

B. Meßmethoden.

Im weiteren Verlauf soll nun auf die Qualimetrie der Röntgenstrahlen näher eingegangen werden. Die Qualimetrie hat zum Gegenstand die Bestimmung der Qualität (Härte, Durchdringungsfähigkeit, Wellenlänge) der durch eine Röntgenröhre ausgesandten Strahlung.

Im Großen und Ganzen stehen zur Analyse der Zusammensetzung folgende vier Methoden zur Verfügung: es sind dies die Spektrometrie, die Spannungsmessung, die Sekundärstrahlenanalyse und die Absorptionsanalyse.

Zur Spektrometrischen Messung ist zu sagen, dass sie rein physikalisch gesehen die beste Lösung des Problems darstellt. Sie erfolgt mit Hilfe des Röntgenspektrometers. Röntgenstrahlen

verschiedener Wellenlängen werden beim Durchgang durch einen langsam rotierenden Kristall in verschiedenen Richtungen abgebeugt. Auf einer hinter dem Kristall angeordneten photographischen Platte entsteht nun ein Spektrum, ähnlich dem des Lichtes. Aus der Kristallstruktur kann für jede Stelle des Spektrums die Wellenlänge (Härte) errechnet werden. Das Verfahren ist jedoch sehr kompliziert und daher dem physikalischen Institut vorbehalten. Auf diesem Prinzip beruht der S e e m a n n 'sche Spektrograph. M a r c h , S t a u n i g und F r i t z verzichten in ihrem Spektrometer von vornherein auf die Analyse des gesamten Spektrums und beschränken sich auf die genaue Messung der Grenzwellenlänge.

Als zweite Methode zur Analyse der Zusammensetzung der Röntgenstrahlung ist die Spannungsmessung, also eine elektrische Methode, zu erwähnen.

D e s s a u e r hat vorgeschlagen, bei Glühkathodenröhren die primäre Spannung zu messen, die an den Klemmen des Wechselstromtransformators der Röntgenmaschine während des Betriebes herrscht. Die Sekundärspannung ist dieser Spannung innerhalb gewisser Grenzen proportional. Im Gegensatz zu dieser direkten Messung, wozu noch das Radiosklerometer von V i l l a r d zu zählen ist, stehen folgende drei indirekten Methoden gegenüber: 1. die paralelle Funkenstrecke, 2. das Sklerometer von K l i n g e l f u s s , 3. das Qualimeter von B a u e r .

Jede Methode hat ihre Vor- und Nachteile, das früher vielfach gebrauchte Qualimeter von B a u e r hat seinen Nachteil in der Tatsache, dass seine Empfindlichkeit bei höheren Spannungen nur sehr gering ist und heute nicht mehr oder kaum von Wert ist.

Die dritte Methode zur Analyse der Zusammensetzung der Röntgenstrahlung beruht auf der Sekundärstrahlanalyse: Ein Verfahren, das nicht nur eine einfache Messung der durchschnittlichen Durchdringungsfähigkeit der durch eine Röntgen-

röhre ausgesandten Strahlung ausübt, sondern eine direkte Methode der Strahlenanalyse darstellt. Dieses Verfahren wurde von G l o c k e r angegeben. Sein Strahlenanalysator beruht auf folgendem physikalischem Prinzip: beinahe alle chemischen Stoffe, insbesondere die Metalle, besitzen die Eigenschaft, bei Bestrahlung mit Röntgenlicht Sekundärstrahlung auszusenden, deren Intensität nicht allein von der Intensität der einfallenden Primärstrahlung, sondern hauptsächlich von deren Härte abhängt. Die Sekundärstrahlung tritt erst dann auf, wenn die Härte der erregenden Strahlung einen gewissen unteren, für jede Substanz charakteristischen Grenzwert überschreitet und dann sofort mit maximaler Intensität, während sie bei höheren Härtegraden der Primärstrahlung rasch abnimmt. Es wird also die Sekundärstrahlung einer Substanz nur von einem verhältnismässig kleinen Wellenbezirk der Primärstrahlung erregt. Werden nun gleichzeitig mehrere verschiedenartige Substanzen bestrahlt, so kann durch Bestimmung der Intensitäten der erregten Sekundärstrahlung auf Intensitäten gewisser Härtebezirke der zu untersuchenden Primärstrahlung geschlossen werden. Die Ermittlung der Härte dieser Strahlengruppe ist nun höchst einfach, da auf Grund physikalischer Forschungen für jedes Element festgestellt ist, von welchen Wellenlängen bzw. Härtebezirk der Primärstrahlung diese Sekundärstrahlung hauptsächlich angeregt wird.

Die vierte Methode und wohl auch die wichtigste für den praktischen Gebrauch, die Zusammensetzung der Röntgenstrahlung zu bestimmen, ist die Absorptionsanalyse..

Ausgehend von dem Forschungsergebnis, dass die Strahlung einer Röhre verschiedenen Körpern gegenüber sich ganz verschieden verhält, sie durchdringt die Körper in ungekehrtem Verhältnis zu deren Atomgewicht, fand B e n o i s t ein anderes Verhalten beim Silber und den Metallen der Silbergruppe. Diese Metalle wechseln den Grad ihrer "Transparenz" kaum merklich. Während beim Aluminium die Absorption mit der Härte kontinuierlich abnimmt, tritt im Silber bei der Absorptionskante der K-Strahlung eine Zunahme der Absorption ein. Vergleicht man die

Helligkeit eines Fluoreszenzschirmes hinter einem Silberblech mit der hinter Aluminium, so werden beim Übergang zu härteren Strahlengemischen immer dickere Aluminiumschichten notwendig, um eine gleiche Helligkeit hinter beiden Metallen zu ergeben. Auf diesem Prinzip beruht der Radiochromometer von B e n o i s t. Dieses Instrument besteht aus einem wendeltreppenförmigen Aluminiumring, der in zwölf Sektoren eingeteilt ist und deren Dicke stufenweise zunimmt und zwar von 1 bis 12 mm. Die Mitte des Ringes wird durch ein Silberplättchen von o,11 mm Dicke ausgefüllt.

Neben dem ursprünglichen Radiochromometer B e n o i s t existiert eine Modifikation nach W a l t e r mit nur sechs Sektoren. Diese Modifikation bedeutet jedoch keine Verbesserung des Instrumentes.

Auf gleichem Prinzip aufgebaut wie das B e n o i s t 'sche Instrument ist das Kryptoradiometer von W e h n e l t .

Diese Instrumente können natürlich nur in dem Strahlenbereich Ausschläge geben, in dem sich die Absorptionskante des Silbers befindet, d.h. bei mittleren Härtegraden. Zur Analyse von Tiefentherapiebestrahlungen hinter Filtern sind sie nicht verwendbar.

C h r i s t e n charakterisiert die Strahlung durch die Schicht, in welcher sie auf die Hälfte ihrer Intensität geschwächt wird, durch die Halbwertschicht. Er misst sie in Zentimetern und hat damit ein absolutes Maß für die Strahlenqualität gewonnen. Selbstverständlich kommt neben der Strahlenqualität auch die Natur der durchstrahlten Substanz in Betracht, aber hier hat er ein einfaches Hilfsmittel bei der Hand. Er wählt als absorbierende Substanz Wasser. Da das destillierte Wasser ungefähr die gleiche Absorptionsfähigkeit besitzt wie die Weichteile des menschlichen Körpers, kann man annehmen, dass die auf destilliertes Wasser bezogene Halbwertschicht mit einer für die Praxis hinreichenden Genauigkeit auf die Absorptionsverhältnisse des menschlichen Körpers (Weichteile) anwendbar ist.

Der Härtemesser von C h r i s t e n beruht auf folgendem konstruktiven Prinzip: zwei Absorptionskörper sind vor einem Leuchtschirm angeordnet. Der eine stellt die Halbwertschicht dar und besteht aus einem feinen Metallsieb, bei dem der Querschnitt aller Löcher gleich dem Querschnitt des stehengebliebenen Metallbleches ist. Der andere Absorptionskörper besteht aus Bakelit, der nach Angabe von C h r i s t e n die Röntgenstrahlung in gleichem Maße absorbiert wie das hier nicht anwendbare destillierte Wasser, ist treppenförmig abgestuft und seine einzelnen Stufen entsprechen der Absorptionsfähigkeit gleichdicker Schichten destillierten Wassers. Bringt man nun den Härtemesser vor die strahlende Röhre, so fällt die Strahlung durch die beiden Absorptionskörper hindurch auf den Leuchtschirm, der jetzt fluoresziert. Auch der treppenförmige Absorptionskörper wirft genau wie die Halbwertplatte ein Schattenbild auf den Schirm und zwar, entsprechend der Schichtdicke der Stufen, von hellen zu immer dunkleren Tönen. Man sucht nun dasjenige Feld auf, dessen Fluoreszenzhelligkeit des Schattens der Halbwertplatte entspricht. Die Schichtdicke der betreffenden Stufe wird in Zentimetern abgelesen.

Für praktische Messungen mit wechselnden Filtern hat sich nun gezeigt, dass der Filterwechsel besonders schnell geschehen muss, um ärztliches und technisches Personal vor Strahleninsulten zu bewahren. Entsprechende Anordnungen zur Filteranalyse sind von H o l t h u s e n (zit. nach Liechti) in Form des Filterrades angegeben worden, desgleichen entwickelte die Firma Siemens und Reiniger als Zusatz zum Universaldosimeter ein ähnliches Gerät. Als praktisches Maß für die Strahlenqualität wird dadurch die Halbwertschicht meßtechnisch leicht erfaßbar. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die 1. HWS keine Aussagen über den Homogenitätsgrad einer Strahlung erlaubt. Man kann unter Umständen gleiche 1. Halbwertschichten durch niedrige Spannung und stärkere Filterung sowie hohe Spannung und geringe Filterung erzielen. In physikalischer Hinsicht reproduzierbare Verhältnisse liegen damit also nicht vor. Diese Situation ändert

sich jedoch sofort, wenn zusätzlich die 2. Halbwertschicht bestimmt wird. Sie entspricht einer Schichtdicke, die die Dosisleistung nochmals auf die Hälfte reduziert.

Der Quotient $\frac{1.\ HWS}{2.\ HWS}$ ist damit ein Maß für die "Homogenität". Der reziproke Wert entspricht dann der "Heterogenität".

Es lässt sich also zeigen, dass der Begriff der Strahlenqualität im Verlauf der Entwicklung der modernen Strahlentherapie physikalisch immer präziser gefasst wurde.

Die Halbwertschicht als Maß für die Strahlenqualität ist nicht gleichzusetzen mit der Tiefenwirkung, wie dies von G l a s e r und W i n t z versucht wurde. Die Strahlenqualität ist neben Fokus-Hautabstand, Feldgrösse und Homogenitätsgrad nur ein für die Tiefenwirkung verantwortlicher Faktor.

Eine Verknüpfung des Begriffes der Strahlenqualität mit strahlenbiologischen Fragen sollte daher tunlichst vermieden werden, obwohl sich auch hier in der letzten Zeit neue Gesichtspunkte ergeben haben. Auf diese Probleme ist jedoch noch besonders einzugehen.

C. Strahlenqualität und biologische Wirkung ionisierender Strahlungen (speziell Röntgenstrahlen).

Die Frage der Wellenlängenunabhängigkeit der Röntgen- oder Gamma-Strahlen des Radiums hat in der älteren Literatur eine erhebliche Bedeutung gehabt. Mitentscheidend für diese Tatsache waren wohl vielfältige Beobachtungen namhafter Strahlentherapeuten, die bei verschiedenen Krebslokalisationen eine Überlegenheit der Radiumapplikation gegenüber der früher angewandten Röntgeneinzeitmassivbestrahlung feststellen konnten. Diese Vorstellung von einer besonderen biologischen Wirkung auf bösartige Tumoren der Gamma-Strahlen des Radiums ist auch heute noch vielfach vorhanden, obwohl inzwischen gezeigt werden konnte,

dass die zeitliche und räumliche Dosisverteilung sicherlich entscheidend ist. C h a o u l und W a c h s m a n n geben dafür drei wichtige Gesichtspunkte an.

1. Die besseren Heilungsergebnisse der Radiumkontaktbestrahlung können nicht auf einer biologischen Überlegenheit der harten Gammastrahlung beruhen.

2. Es ist vielmehr anzunehmen, dass die Verschiedenheit der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Dosis sowie ihre Höhe für die Unterschiede in der Wirkung der beiden Methoden maßgebend ist.

3. Um die besseren Ergebnisse der Radiumkontaktbehandlung mit einer röntgenologischen Methode zu erreichen, ist es erforderlich, die räumliche und zeitliche Verteilung der Dosis und ihre Höhe der Radiumtherapie nachzuahmen.

In einem gewissen Widerspruch dazu stehen allerdings neue Auffassungen, wonach bei der Anwendung ultraharter Röntgenstrahlen doch mit gewissen wellenlängenabhängigen Effekten zu rechnen ist.

Auch W a c h s m a n n ist übrigens dieser Auffassung. H o l t h u s e n dagegen verhält sich sehr viel skeptischer.

Aus diesen Überlegungen heraus dürfte es klar sein, dass die Verknüpfung des Begriffes Strahlenqualität mit biologischer Wirkung derzeit ein schwieriges und undankbares Unterfangen ist. Vergleichende Untersuchungen über die Erythemdosis mit unterschiedlichen Strahlenqualitäten sind übrigens sehr schwer deutbar, da bei Anwendung ultraharter Röntgenstrahlung in der Haut ein relatives Elektronendefizit entsteht. Weitere Untersuchungen über die "Wellenlängenabhängigkeit" biologischer Wirkungen ultraharter Röntgenstrahlen müssen daher abgewartet werden.

Schliesslich ist noch ein anderer Punkt zu erwähnen. Durch Veränderung der Strahlenqualität kann es zur unterschiedlichen Absorption in verschiedenen Körpergeweben kommen (L a u g h l i n).

Es finden sich besonders grosse Unterschiede bei der Anwendung sehr weicher Strahlung für Fett, Muskulatur und Knochen sowie Knorpel. Diese Tatsache spricht ebenfalls dagegen, die Strahlenqualität als Maß für die Tiefenwirkung anzusehen. Diese Verhältnisse lassen sich therapeutisch ausnutzen. So gibt es zahlreiche Befürworter einer Hartstrahltherapie des Kehlkopfkrebses zum Zwecke der Knorpelschonung.

In den letzten Jahren wurde nun von verschiedenen Autoren der Vorschlag gemacht, auch für die Kennzeichnung der Tiefenwirkung die Bezeichnung "Halbwertschicht" einzuführen in Form einer sogenannten "Gewebshalbwertschicht" (GHWS). Die Gewebshalbwertschicht ist diejenige Schicht des Gewebes in mm gemessen, in welcher der Dosisabfall gerade 50 % der Oberflächendosis beträgt.

Die "Gewebshalbwertschicht" ist also ganz und gar nicht identisch mit der Halbwertschicht im klassischen Sinne. Während die Halbwertschicht die Strahlenqualität (Härte) klassifiziert, soll die sogenannte "Gewebshalbwertschicht" als Kennzeichnung der Tiefenwirkung verstanden werden.

Unter anderen war es W a c h s m a n n , der anlässlich des Erlanger röntgentherapeutischen Fortbildungskurses 1948 den Vorschlag machte, den Begriff "GHWS" einzuführen, der sich als sehr unglücklich erwies.

K a l k o f f befürwortete zunächst diesen Vorschlag für die Dermoröntgentherapie.

Nach H o l t h u s e n widerspricht die Begriffsneubildung den klaren Begriffsbestimmungen der Normenblätter DIN röntg. 6809, 1941. Er weist darauf hin, dass Begriffsneubildungen in dieser Art unnötig und überflüssig sind. Nach seiner Meinung stellt der in den Normenblättern DIN röntg. 6809, 1941 niedergelegte Begriff der "prozentualen Tiefendosis" - für die Belange der Dermoröntgentherapie entsprechend modifiziert - die sinnvollste Bezeichnungsweise dar. Weiter warnt H o l t h u s e n vor dem Einschlagen eines Sonderweges in der Dermoröntgentherapie, solange nicht zwingende Gründe dieses Verhalten rechtfertigen.

Der mögliche Einwand gegen den in der Tiefentherapie gebräuchlichen Begriff der "prozentualen Tiefendosis", dessen Bezugsmaß in 10 cm Tiefe ein für die Tiefentherapie geltender Sonderfall, und für die in der Dermoröntgentherapie in Betracht kommenden Schichtdicken nicht geeignet ist, wird von H o l t h u s e n mit dem Vorschlag entkräftet, für die Dermoröntgentherapie in Analogie zur Tiefentherapie eine "prozentuale Hauttiefendosis" als den in 5 mm noch vorhandenen Prozentsatz der an der Hautoberfläche wirksamen Strahlung zu definieren und abgekürzt mit "PTH" zu bezeichnen. Zur Diskussion stellt H o l t h u s e n , für die Zwecke der Dermoröntgentherapie entweder eine Körpertiefe von 5 mm zu wählen oder sich für eine Tiefe der Haarpapille entsprechendes Bezugsmaß (z.B. 3,3 mm oder 3,5 mm) zu entscheiden, als der grössten Tiefe, der mit der Dermoröntgentherapie zu erfassenden Hautanhangsgebilde.

In der letzten Zeit wurde die Frage, ob in der Dermoröntgentherapie als Bezugsmaß für den Dosisabfall in der Haut der Begriff der "Gewebshalbwertschicht" oder die von H o l t h u s e n vorgeschlagene "prozentuale Hauttiefendosis"zu verwenden sei, bei vielen Kongressen diskutiert.

Nach K a l k o f f ist auf jeden Fall eine einheitliche Nomenklatur anzustreben. Er schlägt vor, die Deutsche Dermatologische Gesellschaft zu bitten, gemeinsam mit der Deutschen Röntgengesellschaft eine Kommission zu benennen, die eine allgemeinverbindliche Entscheidung treffen möge.

Jedenfalls lässt sich wohl feststellen, dass der Begriff der Gewebshalbwertschicht als Maß für die Tiefenwirkung in sprachlicher Hinsicht eine recht unglückliche Prägung ist. Das kommt vielleicht am besten darin zum Ausdruck, dass selbst W a c h s m a n n von diesem Begriff wieder abgerückt ist und nunmehr von einer Gewebshaltwerttiefe spricht, wobei noch zu erwähnen ist, dass es sich um eine Halbwerttiefe, gemessen in Wasser handelt. Verschiedene Körpergewebe wie Knochen und Fett sind jedoch nur bei der Anwendung von bestimmten Strahlenqualitäten als wasseräquivalent zu bezeichnen, keinesfalls jedoch bei der in der

letzten Zeit besonders propagierten Weichstrahltherapie. Diese Erörterungen zeigen, dass es offenbar sehr schwer ist, dem praktizierenden Arzt ein anschauliches Maß für die Tiefenwirkung zu geben.

Im nächsten Kapitel darf schliesslich noch auf die für die Tiefenwirkung verantwortlichen Faktoren eingegangen werden, um die Einordnung der Strahlenqualität in diese Faktoren zu zeigen.

D. Tiefenwirkung der Röntgenstrahlen.

a.) Strahlenqualität.

Die Tiefendosis nimmt bei wachsender Strahlenhärte zu (konstanter FHA vorausgesetzt), der Anstieg ist zunächst steil, flacht jedoch dann allmählich ab.

b.) Feldgrösse.

Die Tiefendosis ist desgleichen abhängig von der Feldgrösse (Streueffekte).

c.) Fokus-Hautabstand.

Durch das Abstandsgesetz bedingt, lässt sich durch Vergrösserung des FHA eine ähnliche Steigerung der Tiefendosis erreichen.

d.) Homogenität.

Die Homogenität hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Tiefendosis. Es können sich erhebliche Abweichungen, dies besonders bei der Anwendung höherer Strahlung ergeben (nach L i e c h t i bis zu 12 %).

Folgerungen für die Praxis.

Die physikalischen Bestrahlungsbedingungen sind der Herdtiefe des zu bestrahlenden Krankheitsprozesses anzupassen, dabei wird eine Schonung des peritumoralen Gewebes angestrebt.

In der Oberflächentherapie wird man mit der Strahlenhärte (gemessen in der 1. HWS) etwa bis 1.0 mm Al gehen.

Eine gewisse Berücksichtigung verdient schliesslich noch die Streustrahlung in Abhängigkeit von der Feldgrösse bei sehr weicher Röntgenstrahlung.Die Angaben,speziell über die Größe der Rückstreuung,divergieren jedoch.

In der Tiefentherapie ist die Gesamtsituation im Augenblick in einer Wandlung begriffen.Hier wird versucht,von der klassischen Homogendurchstrahlung mit Großfeldern und grossem FHA (bei entsprechender Strahlenqualität) zur Verbesserung der Tiefenwirkung abzugehen. Die Anwendung ultraharter Röntgenstrahlen gestattet es,die grösste Jonisationsdichte von der Haut in andere Gewebstiefen zu verlegen.Dadurch ist eine wesentliche Entlastung der Haut möglich.Die Hautveränderungen, so wichtig sie bei Anwendung der klassischen Röntgenbestrahlungsverfahren sonst sind,verlieren dadurch erheblich an Bedeutung.

Die Gewebstiefen für die grösste Jonisationsdichte sind bei ultraharten Röntgenstrahlen von der Röhrenspannung abhängig. Von Vorteil ist wohl auch noch,dass sich von 20 - 50 M e V keine wesentlichen Absorptionsdifferenzen für Fett,Muskel und Knochen ergeben.

Wir sehen also, dass gerade bei der Therapie mit ultraharten Röntgenstrahlen der Strahlenqualität eine besondere Bedeutung zukommt.

Zusammenfassung

Im allgemeinen Teil wird zunächst auf die Problematik des Begriffes "Strahlenqualität" eingegangen.

Es kann gezeigt werden, dass früher die Strahlenqualität als Maß für die Tiefenwirkung angesehen wurde (Glaser, Wintz).

Die weitere Entwicklung führte dazu, dass der Begriff der Strahlenqualität in physikalischer Hinsicht präziser formuliert wurde.

Die Strahlenqualität als Maß für Energiereichtum beziehungsweise Wellenlänge einer Röntgenstrahlung lässt sich durch Absorptionsanalyse meßtechnisch (Bestimmung der Halbwertschicht) in medizinischen Instituten leicht erfassen. Sie ist neben FHA, Feldgrösse und Homogenitätsgrad ein wesentlicher Faktor für die Tiefenwirkung. Die Prägung des Begriffes einer sogenannten Gewebshalbwertschicht ist daher, zumindest in sprachlicher Hinsicht, nicht als sehr glücklich zu bezeichnen.

In weiteren Ausführungen wird auf Fragen des Zusammenhanges von Strahlenqualität und biologischer Wirkungen eingegangen, desgleichen auf unterschiedliche Absorptionsverhältnisse bei Benutzung verschiedener Strahlenqualitäten.

Eine besondere Bedeutung kommt der Strahlenqualität bei der Anwendung ultraharter Röntgenstrahlen für therapeutische Zwecke zu. Durch Veränderung der Röhrenspannung kann die grösste Ionisationsdichte von der Haut in tiefere Gewebsschichten verlagert werden. Die Tiefenwirkung ist somit bequem zu variieren. Dadurch ist eine erhebliche Entlastung der Haut möglich.

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, Herrn Privatdozenten Dr. med. G. B o n s e meinen ergebensten Dank für die Überlassung des Themas und die Anregungen bei der Ausarbeitung auszusprechen.

Herrn Prof. Dr.med. H. S c h u e r m a n n danke ich verbindlichst für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Literatur:

Bauer:	Handbuch der Röntgen- und Radium-Therapie, Nemnich, Leipzig 1922, IV. Auflage
Behoist:	Handbuch der Röntgen- und Radium-Therapie, Nemnich, Leipzig 1922, IV. Auflage
Chaoul H. und F. Wachsmann:	Die Nahbestrahlung Thieme, Stuttgart 1953
Christen Th.:	Strahlentherapie 1, 51 (1912)
Dessauer:	Zit. nach Holthusen
Glaser O.:	Strahlentherapie 18, 481 (1924)
Glocker R.:	Phys. Zeitschrift 19, 66 (1918)
Holthusen H.:	Fschr. Röntgenstr. (Sonderheft) 75, 73(1951)
Kalkoff K.W.:	Strahlentherapie (Erlanger röntgentherapeutischer Fortbildungskurs 1948) 294 (1949).
Klingelfuss:	Handbuch der Röntgen- und Radium-Therapie, Nemnich, Leipzig 1922, IV. Auflage
Laughlin J.S.:	Nucleonics 8, (1951) 4:5
Liechti A.:	Röntgenphysik, Springer, Wien 1939
Lorenz E. und B. Rajewsky:	Strahlentherapie 18, 473 (1924) 19, 310 (1925)
March A., Staunig K., Fritz O.:	Fortschr. d.Röntgenstr. 28, 420 (1922)
Rump W.:	Elektromedizin und Strahlenkunde. Urban und Schwarzenberg, München - Berlin 1954

Seemann H.: Phys. Zeitschr. 22, 580 (1921)

Villard: Handbuch der Röntgen- und Radium-Therapie, Nemnich, Leipzig 1922, IV. Auflage

Wachsmann F: Strahlentherapie (Erlanger Fortbildungskurs 1948) 5, Stuttgart (1949), Strahlentherapie 81, 273 (1950) 77, 585 (1948)

Walter: Zit. nach Holthusen

Wehnelt: Handbuch der Röntgen- und Radium-Therapie, Nemnich, Leipzig 1922, IV. Auflage

Wintz: Zit. nach Rump

Lebenslauf

Am 2. März 1915 als ältester Sohn des Oberwerkmeisters Johann Kelnar geboren, besuchte ich nach Absolvierung der 5 klassigen Volksschule das Deutsche Staats-Reform-Realgymnasium in Neutitschein. Daselbst legte ich im Jahre 1935 die Reifeprüfung mit Erfolg ab. Anschliessend wurde ich zur Ableistung der 2 jährigen aktiven Militärdienstzeit zum tschechischen Heere eingezogen. Im Jahre 1937 immatrikulierte ich an der medizinischen Fakultät der Deutschen Karls-Universität in Prag. Nach 8 Semestern ordentlichen Studiums wurde ich 1941 zur Frontdienstleistung an die russische Front kommandiert. Im Frühjahr 1947 wurde ich aus der Gefangenschaft entlassen. Als Heimatvertriebener, ganz allein auf sich selbst angewiesen, konnte ich erst im Jahre 1950 daran denken, mein durch den Krieg unterbrochenes Studium fortzusetzen. Ich inscribierte im Herbst 1950 an der medizinischen Fakultät der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität in Würzburg, belegte noch drei klinische Semester und legte daselbst Ende 1952 die ärztliche Prüfung mit Erfolg ab. Anschliessend war ich 15 Monate als Pflichtassistent an der Universitätshautklinik Würzburg tätig, machte den Sommer 1954 über laufend Praxis-Vertretungen und tat vom Herbst 1954 bis Ende März 1955 als Volontärassistent an der Medizinischen Universitätsklinik Würzburg Dienst. Seit April 1955 habe ich die Stellung eines Assistenzarztes im Sanatorium Prof. von Dapper in Bad Kissingen inne.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und ausser der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Kelnar Johann

RUDOLF BAEHR DRUCK- UND WERBETECHNIK
WÜRZBURG SCHLOFFSTEINSTR. 2